
Evoluční optimalizační algoritmy

A0M33EOA

Jiří Kubalík, Petr Pošík

Proč EOA?

- Specialita OI: zaměřený na optimalizaci
 - A4B33OPT: Optimalizace
 - A4M35KO: Kombinatorická optimalizace
- Evoluční optimalizace (EO) je zavedená disciplína
 - EO rozšiřuje a prohlubuje znalosti absolventů OI v této oblasti
- Změna názvu předmětu: EA → EOA

- Forma výuky EO v OI:
 - Polovina A4M33BIA je zaměřena na evoluční optimalizaci
 - BIA schválen, první běh v začínajícím letním semestru
 - Když máme BIA, proč EOA?

HUMIES: Human-competitive results

- Jason D. Lohn, Gregory S. Hornby, Derek S. Linden (all from NASA Ames Research Center): An Evolved **Antenna for Deployment on NASA's Space Technology 5 Mission**, 2004
- Stefan Preble, Hod Lipson, Michal Lipson (Cornell): **Two-dimensional photonic crystals** designed by evolutionary algorithms, Applied Physics Letters 86, 2005
- Randy Bartels (Colorado State Un.), I. Christov (Dep. of Physics, Sofia Un.), N.M. Murnane, H.C. Kapteyn (University of Colorado), Herschel Rabitz (Dep. of Chemistry, Princeton): Learning from Learning Algorithms: Applications to **attosecond dynamics of high-harmonic generation**, 2005
- Varun Aggarwal, Selçuk KILINÇ, Varun Jain, Uğur ÇAM: Catalogue of **Variable Frequency and Single-Resistance-Controlled Oscillators** Employing A Single Differential Difference Complementary Current Conveyor, 2005
- Steven Manos (UCL), Maryanne C. J. Large, Leon Poladian (Un. of Sydney): Evolutionary Design of **Single-Mode Microstructured Polymer Optical Fibres** using an Artificial Embryogeny Representation, 2005
- Lee Spector (Hampshire College), David M. Clark (SUNY), Ian Lindsay, Bradford Barr, Jon Klein: Genetic Programming for **Finite Algebras**, 2005
- Stephanie Forrest (Un. of New Mexico), Claire Le Goues (Un. of Virginia), Thanh Vu Nguyen, Westley Weimer: A Genetic Programming Approach to **Automated Software Repair**, 2009

Vztah EOA a BIA

Předchozí návrh (BIA prerekvizitou EOA)

- EOA bylo zamýšleno jako rozšíření a prohloubení BIA

Současný návrh (BIA není prerekvizitou EOA)

- BIA
 - jde více do šířky, má také motivační charakter
 - na co se EA nehodí a kde naopak excelují
- EOA
 - prohlubuje některá témata BIA směrem k praktickému nasazení a
 - zaměřuje se na nová témata, především na
 - překážky, na které narážíme v aplikacích EOA a na
 - metody, kterými se řeší.
- Průchody
 - BIA -> EOA
 - EOA -> BIA
 - i samostatně

EOA: Sylabus přednášek

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učením modelu.
6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelu rozdělení pravděpodobnosti.
7. Paralelní evoluční algoritmy.
8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
11. Lineární GP, grafové GP.
12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
13. Rezerva. (Koevoluce.)

EOA vs. BIA: Minimální překryv

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
 2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
 3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
 4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
 5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učením modelu.
 6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelu rozdělení pravděpodobnosti.
 7. Paralelní evoluční algoritmy.
 8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
 9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
 10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
 11. Lineární GP, grafové GP.
 12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
 13. Rezerva. (Koevoluce.)
1. Návaznost na předchozí optim. předměty, randomizované metody prohledávání, vztah k učení a modelování.
 2. Neuronové sítě (NN)
 3. NN
 4. NN
 5. NN
 6. NN
 7. Jednoduchý genetický algoritmus (SGA). Historie, základní cyklus, genetické operátory, schéma teorém.
 8. Evoluční. strategie, operátory křížení, diferenciální evoluce. Aplikace.
 9. Neuroevoluce. Optimalizace struktury a vah neuronové sítě, systém NEAT.
 10. Řešení dynamických problémů pomocí EA.
 11. Multikriteriální EA. Princip dominance, Pareto-optimalita, NSGA-II, SPEA2.
 12. Genetické programování (GP). Stromová reprezentace, principy, aplikace.
 13. Rezerva.

Literatura

1. Luke, S.: Essentials of Metaheuristics, 2009
<http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>
2. Poli, R., Langdon, W., McPhee, N.F.: A Field Guide to Genetic Programming, 2008
<http://www.gp-field-guide.org.uk/>

Obě knihy:

- autoři jsou uznávanými osobnostmi v oblasti EA a GP
- nové, přesto zaměřené na přetrvávající znalost
- dostupné on-line, zdarma

Podobné kurzy jinde

- Sean Luke (<http://www.cs.gmu.edu/~sean/>), **George Mason University**
Předmět: **Metaheuristics**
<http://www.cs.gmu.edu/syllabus/syllabi-spring09/CS499LukeS.html>
- Ricardo Poli (<http://cswww.essex.ac.uk/staff/poli/index.html>), **University of Essex**
Předmět: **Genetic Programming and its Applications**
<http://www.essex.ac.uk/courses/default.aspx?coursecode=cc385&level=6&period=sp&yearofcourse=09>
- Eckart Zitzler (<http://www.tik.ee.ethz.ch/sop/people/zitzler/>), Petros Komoutsakos, **ETH Zürich**
Předmět: **Bio-inspired optimization and design**
<http://www.tik.ee.ethz.ch/sop/education/lectures/BOD/>
- Agoston Eiben (<http://www.cs.vu.nl/~gusz/>), **Vrije Universiteit Amsterdam**
Předmět: **Evolutionary Computing**
<http://www.cs.vu.nl/~sksmit/ec0809/>
- Kalyan Deb (<http://www.iitk.ac.in/kangal/deb.shtml>), **Indian Institute of Technology Kanpur**
Předmět: **Evolutionary Algorithms in Search, Optimization and Engineering Design**
http://www.iitk.ac.in/kangal/deb_course.shtml
- Moshe Sipper (<http://www.moshesipper.com/>), **Ben-Gurion University, Izrael**
Předmět: **Evolutionary Computation and Artificial Life**
<http://www.cs.bgu.ac.il/~sipper/courses/ecal092/>
- Eric Goodman (<http://www.egr.msu.edu/~goodman/Teaching.html>), **Michigan State University**
Předmět: **Evolutionary Computation**
<http://www.reg.msu.edu/Courses/Request.asp>

EOA vs. Metaheuristics, S. Luke (GMU)

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učním modelem.
6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelem rozdělení pravděpodobnosti.
7. Paralelní evoluční algoritmy.
8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
11. Lineární GP, grafové GP.
12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
13. Rezerva. (Koevoluce.)

1. Introduction. Gradient-based optimization.
2. Single-state methods . Hill-climbing, taboo search, simulated annealing.
3. Population methods. GAs, ES. Selection.
4. Representations. Vectors, lists, trees, graphs.
5. Parallel EAs.
6. Combinatorial optimization . Ant colonies.
7. Multiobjective EAs.
8. Coevolution.
9. Learning classifier systems.
10. Optimization by model fitting.
11. Constraints.
12. Policy optimization.

EOA vs. Genetic programming, R. Poli (U. of Essex)

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učení modelů.
6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelu rozdělení pravděpodobnosti.
7. Paralelní evoluční algoritmy.
8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
11. Lineární GP, grafové GP.
12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
13. Rezerva. (Koevoluce.)

1. Evolution in Nature
2. Genetic Algorithms
3. The basics of Genetic Programming (GP)
4. Fitness functions in GP
5. Advanced Representations
6. GP implementation
7. Code growth and methods to control it
8. Applications of GP, including: classification, image analysis, electronic circuits, etc.
9. Koza's criteria for human-competitive machine intelligence and review of GP's human-competitive results

EOA vs. Bio-inspired opt., E.Zitzler (ETH Zürich)

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
 2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
 3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
 4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
 5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učením modelu.
 6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelu rozdělení pravděpodobnosti.
 7. Paralelní evoluční algoritmy.
 8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
 9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
 10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
 11. Lineární GP, grafové GP.
 12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
 13. Rezerva. (Koevoluce.)
1. Introduction and overview
 2. Optimization and search
 3. Randomized search algorithms
 4. Basic design issues. Representation, Fitness Assignment, Selection, Variation, Example Application: Clustering
 5. Advanced Design Issues. Multiobjective Optimization, Constraint Handling, Implementation Tools, Example Application: Network Processor
 6. Performance Assessment. General Aspects, No-Free-Lunch, Running Time Analysis
 7. Introduction to Evolutionary Strategies (ES) and Genetic Algorithms (GA)
 8. Self-Adaptation & the 1/5th success rule
 9. PBIL I
 10. PBIL II
 11. Covariance Matrix Adaptation (CMA-ES): Introduction
 12. Covariance Matrix Adaptation (CMA-ES): Accelerated Algorithms
 13. Meta Models and Gaussian Processes

EOA vs. Evol. Computing, A. Eiben (Vrije Un.)

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učním modelů.
6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelů rozdělení pravděpodobnosti.
7. Paralelní evoluční algoritmy.
8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
11. Lineární GP, grafové GP.
12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
13. Rezerva. (Koevoluce.)

1. What is an EA
2. Genetic algorithms
3. Evolution strategies
4. Evolutionary programming
5. Genetic programming
6. Parameter control
7. Multicriterial optimization EA
8. Memetic algorithms
9. Theory
10. Constraints
11. Evolutionary art
12. How to work with EAs

EOA vs. EAs, K. Deb (Indian Inst. of Technology)

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učením modelu.
6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelu rozdělení pravděpodobnosti.
7. Paralelní evoluční algoritmy.
8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
11. Lineární GP, grafové GP.
12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
13. Rezerva. (Koevoluce.)

1. Genetic algorithms (theory and advanced operators)
2. Evolution strategies
3. Genetic programming
4. Evolutionary programming
5. Differential evolution
6. Constraint handling
7. Multi-objective evolutionary algorithms
8. Evolutionary scheduling
9. Self adaptation
10. Engineering applications

Tento kurz tematicky odpovídá spíše sekci o EA v předmětu BIA.

EOA vs. EC and ALife, M.Sipper (Ben-Gurion Un., Israel)

1. Standardní evoluční algoritmy. Vztah klasických opt. technik a EA.
2. Problémy EA. Předčasná konvergence, nastavení parametrů, omezení, statistická závislost, No Free Lunch.
3. Práce s omezeními. Spec. reprezentace, penalizace a dekodéry, opravné algoritmy, multikriteriální přístup.
4. Parametry EA. Ladění, adaptace.
5. Stat. závislost mezi komponentami řešení. Perturb. metody. Opt. učení modelů.
6. Algoritmy EDA. Opt. odhadem modelu rozdělení pravděpodobnosti.
7. Paralelní evoluční algoritmy.
8. Evoluční strategie s adaptací kov. matice.
9. Genetické programování (GP). Reprezentace, inicializace, operátory, typované GP, ADF.
10. Gramatická evoluce, gene expression programming.
11. Lineární GP, grafové GP.
12. Problémy v GP. „Bloat“, udržení diverzity.
13. Rezerva. (Koevoluce.)
1. Intro. Evolutionary computation
2. Evolutionary algorithms
3. Genetic algorithms
4. Evolution strategies
5. How to work with EAs
6. Parameter control
7. GA theory
8. Intro. Genetic programming
9. GP examples
10. Bloat, some GP theory
11. Advanced GP
12. Coevolution
13. Fuzzy systems
14. Multimodal problems and spatial distribution
15. Hybrid evolutionary algorithms
16. Artificial neural networks

Díky za pozornost.

Dotazy, diskuse, ...